



Regulación jurídica de la estandarización de los alimentos transgénicos: una visión jurídica interdisciplinaria

Legal regulation of the standardization of transgenic foods: an interdisciplinary legal vision

María Andrea Bocanegra-Jiménez ¹, Daniela Alemán-De Ávila ², Adriana Roca-Gómez ³, Agustín Sierra-Valle ⁴

1. Doctora en Derecho, Universidad del Norte; líder del Grupo de Investigación DEPCIPE y profesora de Derecho Privado, Universidad del Atlántico. Correo electrónico: mariabocanegra@mail.uniatlantico.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2807-3696>
2. Abogada, Universidad Libre, Barranquilla, Colombia. Correo: daniale_1995@hotmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6321-1612>
3. Abogada, Universidad Libre, Barranquilla., Colombia. Correo electrónico: adrianamarcela.01@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7853-9514>
4. Abogado, Universidad Libre, Barranquilla, Colombia; especialista en Derecho Público, Universidad Externado de Colombia, Bogotá, Colombia. Correo electrónico: agustinsierravalle@hotmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9545-6996>

Tipología: Artículo de reflexión

Para citar este artículo: Bocanegra-Jiménez, M. A.; Alemán-De Ávila, D.; Roca-Gómez, A. y Sierra-Valle, A. (2021). Regulación jurídica de la estandarización de los alimentos transgénicos: una visión jurídica interdisciplinaria. *Revista Saberes Jurídicos*, 1(1), 33-47.

Recibido en octubre 11 de 2021

Aceptado en octubre 19 de 2021

Publicado en línea en noviembre 13 de 2021

RESUMEN

Palabras

clave:

alimentos transgénicos; consumidor; ingeniería genética; inocuidad; seguridad alimentaria.

Los alimentos genéticamente modificados fueron creados gracias a la ingeniería genética, que no es más que un conjunto de técnicas y estrategias que permiten obtener, de modo experimental en el laboratorio, nuevas combinaciones de material hereditario imposibles de encontrar en la naturaleza; en definitiva, permiten la manipulación voluntaria de los genes. Con el tiempo estas prácticas han venido creciendo y tomando fuerza en el mercado; esto ha llevado al consumidor a cuestionarse si estos alimentos son inocuos para su salud y por ello se hace pertinente la intervención del Derecho para establecer reglas claras en el uso de esta tecnología, además de un balance sobre su implementación, que medie entre el medio ambiente, el ser humano y el desarrollo tecnológico.

ABSTRACT

Keywords:

Transgenic food; Consumer; Genetic engineering; Safety; Food safety.

Genetically modified foods were created through genetic engineering, which is nothing more than a set of techniques and strategies that allow to obtain, experimentally within the laboratory, new combinations of hereditary material impossible to find in nature. In short, it allows genetic manipulation at will. Over time these practices have been growing and gaining strength in the market; this has led the consumer to question whether these foods are safe for their health, and that's why clear rules should be established for the use of this new technology, as well as a balance on its implementation, mediating between the environment, the human being and technological development, taking into account that law must ensure that men live harmoniously in all aspects of their lives.

INTRODUCCIÓN

Los genes de los seres vivos han sido estudiados muy a fondo por el ser humano durante las últimas décadas, llegando al punto de lograr modificarlos y transferirlos de un organismo a otro con el fin de

obtener ciertas características que el organismo en su estado natural nunca hubiera alcanzado. En consecuencia, se ha llegado al punto en que esta tecnología genética se ha utilizado ampliamente en la industria agroalimentaria, pasando de tener una relevancia solamente científica a tener sus

consecuencias y repercusiones en el medio ambiente, el mercado, la alimentación y la salud de los seres humanos.

En Colombia y en todo el mundo han aumentado durante los últimos años los cultivos de alimentos transgénicos, lo cual también ha incrementado el consumo de los mismos por parte de toda la población. Sin embargo, debido a la ineficiencia de la regulación jurídica respecto al tema, la cual es muy escasa, se observa que la mayoría de los consumidores no son informados en el momento de su compra si lo que tienen en sus manos es un alimento que ha sido modificado genéticamente, y mucho menos son conscientes de los posibles efectos que pueda tener el mismo sobre su salud.

Este texto es un avance del marco teórico de la investigación en curso sobre el deber de información al consumidor acerca del origen transgénico de los alimentos. Su objetivo es analizar el derecho y correlativo deber a la información de conocer por parte de los consumidores el origen transgénico de los alimentos que se producen y distribuyen en el mercado alimentario de Colombia, para que a partir de la investigación científica documentada se dé claridad al consumidor acerca del origen de los productos que adquiere en su canasta familiar básica, meriendas y todo tipo de alimentación, contando con toda la información disponible al respecto para hacer una compra informada y a conciencia sobre las consecuencias, beneficios y riesgos del producto que va a consumir. Por tanto, el presente artículo tratará acerca de conceptos básicos de ingeniería genética, el procedimiento para obtener un transgénico, la inocuidad de estos, sus posibles riesgos y sus implicaciones jurídicas, como parte del desarrollo de los objetivos específicos de esta investigación.

METODOLOGÍA

La investigación es de carácter sistematizador, predominantemente descriptivo, comprensivo del fenómeno de la regulación del deber de información en materia de alimentos transgénicos en Colombia. Este estudio sistematizador no renuncia al análisis interrelacionado de las tareas propias de la investigación, busca la creación de cuerpos

doctrinales que permitan identificar instituciones en Derecho del consumo y a su delimitación frente a otras instituciones, facilitando la formación de cuerpos de teorías que ayuden a la comprensión del fenómeno. Asimismo, es una investigación socio-jurídica, de carácter interdisciplinar que combina saberes jurídicos, biológicos, médicos, tecnológicos, nutricionales y económicos y que busca tener un impacto a nivel normativo en el Derecho del consumidor para que entidades como el INVIMA, Superintendencia de Industria y Comercio y todas las entidades estatales a las que corresponda, ordenen señalar en las etiquetas de los productos el origen orgánico o transgénico de los alimentos que se comercializan. Tiene carácter descriptivo, y el presente artículo está orientado a la identificación de inconsistencias jurídicas entre lo avanzado por la biotecnología alimentaria y el Derecho.

Técnicas y procedimientos para la obtención OGM

Una de las promesas de la biotecnología es la obtención de nuevos alimentos a partir de manipulación de genes que otorgan a estos, nuevas características específicas. Sin embargo, su uso ha dado origen a una serie de preocupaciones con respecto a los posibles riesgos que pueden representar para el ser humano y el medio ambiente; es necesario entonces establecer conceptos clave que ayudarán a comprender más a fondo lo relativo a los organismos genéticamente modificados (OGM).

Entre otros conceptos clave se concibe que el OGM es un organismo, ya sea vegetal, animal o microorganismo, en el cual se ha introducido un segmento de ácido nucleico que se incorpora de manera estable al genoma, de manera diseñada y que está dirigido a obtener un nuevo fenotipo. Esta introducción se realizará de tal manera que dicho gen no podría haber sido adquirido por el organismo a través de mutaciones, recombinaciones u otras formas de transferencia genética reconocidas como mecanismos que operan en la naturaleza sin intervención humana (Escalona *et al.*, 2008).

Por otro lado, puede referirse a la ingeniería genética como un conjunto de técnicas y de

estrategias que permiten obtener, de manera experimental en el laboratorio, nuevas combinaciones de material hereditario imposibles de encontrar en la naturaleza; en definitiva, permiten la manipulación voluntaria de los genes. Clonar un gen implica obtener gran cantidad de copias del mismo; esto constituye uno de los objetivos básicos de la ingeniería genética, ya que representa el primer paso para cualquier estudio de un gen o para empezar un proceso de manipulación posterior. Así, se puede disponer de muchas copias de un gen en concreto para secuenciarlo, mutarlo, estudiar su regulación, obtener y caracterizar su producto, etc. Con anterioridad a la existencia de las técnicas de clonación era prácticamente imposible aislar un gen concreto en cantidades suficientes para su estudio, debido a la pequeñísima proporción que representa un gen particular dentro de la complejidad de un organismo.

Según Bhat & Srinivasan y Jauhar, desde el año 1983, “cuando se reportó por primera vez la producción de una planta transgénica, se ha logrado la transformación de más de 120 especies y 35 diferentes familias vegetales, tanto de dicotiledóneas como de monocotiledóneas” (2002, 2006); Díaz *et al.*, Larik *et al.* y Jauhar agregan que

esto no significa que sea un proceso simple, por lo contrario, es un proceso complejo que involucra varias fases: identificación y aislamiento del gen de interés, desarrollo del casete de expresión o construcción quimérica, vectores apropiados que permitan el clonaje o transferencia de la construcción quimérica, método para la introducción del ADN de manera estable en el genoma de la célula vegetal (protocolo de transformación), sistema de cultivo tisular que permita la regeneración de plantas completas, procedimiento para la distinción de los individuos transformados de aquellos no transgénicos (selección de transformantes) y métodos analíticos para detectar el gen foráneo y sus productos en la planta transformada. (2004, 2004, 2006).

Los métodos de transformación utilizados en la actualidad se basan en la obtención de células

transgénicas y posterior recuperación de plantas completas y fértiles, mediante el cultivo de tejidos y selección *in vitro*. En la mayoría de las especies se observa una importante influencia del genotipo en la respuesta al cultivo *in vitro*.

De acuerdo con Mohan Babua *et al.* y Rao *et al.*,

se han desarrollado distintos métodos de transformación genética, con el objetivo de hacer más eficiente la transferencia de ADN hacia células o tejidos vegetales. Se busca transformar una variedad más amplia de plantas con mejores resultados. Los sistemas de transformación con los que se cuenta actualmente se clasifican en métodos indirectos y métodos directos, de acuerdo con el mecanismo utilizado para la transferencia del material genético hacia la célula vegetal. (2003, 2009).

Según Jacobsen & Schouten, “la cisgénesis, que consiste en la introducción de genes con sus promotores nativos aislados desde la planta cultivada en sí misma o desde especies híbridas, con las cuales la planta cultivada se puede naturalizar” (2007), no se considera un método de transformación genética en esta revisión, sino una de las formas de ingeniería genética de plantas. Ello debido a que para desarrollar la cisgénesis se puede utilizar cualquiera de los métodos descritos anteriormente.

Veluthambi *et al.* y Rao *et al.* señalan el concepto de métodos indirectos como el siguiente: “son métodos basados en la utilización de vectores biológicos, empleando sus características naturales de patogenicidad en plantas, para la introducción de los genes de interés al genoma vegetal” (2003, 2009). Entre estos sistemas de transformación se han descrito el uso de la bacteria *Agrobacterium tumefaciens* y el uso de virus.

Sistema *Agrobacterium*: Debido a la capacidad y a la eficiencia de este género en infectar efectivamente diversos organismos vegetales, surgió la idea de utilizar *Agrobacterium* como mediador para la introducción de genes de interés en plantas (Hellens & Mullineaux, 2000; Tzfira *et al.*, 2004). Valentine y

Vasil señalan que “La transformación mediada por *Agrobacterium* fue el primer sistema de transferencia de genes en producir una planta modificada genéticamente en 1983, cuando reportaron la transferencia de genes bacterianos a plantas y de una especie vegetal a otra.” (2003, 2007).

Según lo que plantean Gelvin, Zupan *et al.*, Gelvin, 2003^a, y Tzfira & Citovsky, “La infección por *Agrobacterium* en una planta es el resultado de un proceso de evolución altamente especializado: la transferencia horizontal de genes desde bacterias hacia plantas.” (2000, 2000, 2003^a, 2002).

Gleba *et al.* en dos ocasiones, al referirse a los vectores virales expresan:

Algunos virus que afectan especies vegetales han sido empleados como vectores para la transformación de plantas, con el objetivo de producir proteínas de interés, por la expresión transitoria de genes foráneos, mediante la replicación de los virus en las plantas. Los virus deben ser modificados para que sean capaces de transportar el gen de interés al interior de la célula vegetal. Se han desarrollado dos estrategias para la construcción de vectores virales. En la más empleada, el gen foráneo es introducido dentro del virus completo, por lo general precedido por el promotor duplicado de la proteína de la cápside del virus (promotor fuerte) o fusionado a esta, para que el gen de interés sea expresado como un RNA subgenómico separado. La segunda estrategia y la más recientemente desarrollada, el virus es completamente reconstruido eliminando o sustituyendo regiones virales, además de la inserción del gen de interés. Finalmente, estos vectores virales pueden ser empleados en la transfección de la planta, como una partícula viral madura o como copias del vector viral. (2004, 2007).

Otro sistema de transformación que ha surgido a partir de la combinación de las características de los vectores víricos y del sistema *Agrobacterium* es la

agroinfección. En esta metodología, según Larik *et al.* y De Oliveira *et al.*,

se emplea el sistema de transferencia del DNA de *Agrobacterium* para infectar células vegetales con vectores virales. El vector viral es introducido en el T-, el cual es transferido a las células por el proceso normal de infección mediada por *Agrobacterium*. Este sistema es empleado cuando los vectores virales provienen de virus que no son transmisibles mecánicamente. (2004, 2008).

Díaz *et al.*, Gutiérrez *et al.*, Danilova y Rao *et al.*, al referirse a los métodos directos expresan que

Debido a la dificultad de transformar monocotiledóneas por medio de *Agrobacterium*, se desarrollan sistemas de transferencia de genes, en los que son empleados procedimientos de naturaleza química, fisicoquímica y mecánica. El desarrollo de estos métodos se basó en las técnicas físicas usadas en la transformación de células animales en cultivo (2004, 2002, 2007, 2009).

Morigaki & Walde y Hotani *et al.* indican que

los liposomas o vesículas lipídicas están conformadas por varias bicapas de lípidos que encapsulan agua o gas, poseen diámetros del orden de nanómetros, con diferentes formas y tamaños. Pueden estar formados por fosfolípidos, fosfatidiletanolamina, ácidos grasos o cationes bivalentes. Los liposomas presentan características muy similares a las membranas biológicas, con una tendencia natural a ligarse a células y tejidos interactuando con estos por absorción, fusión o intercambio lipídico (2007, 2003).

Por su parte Sanford, Martínez *et al.* y Vasil expresan que

el término biobalística proviene de la unión de "biología y balística". Este método fue ideado y refinado en la década de 1980, por un grupo de investigadores de la Universidad de Cornell (E.U.) e introducido

por Sanford, en 1987, por primera vez. Esta técnica se basa en la utilización de microproyectiles recubiertos del ADN que se desea transferir, que son disparados sobre los tejidos vegetales a altas velocidades, atraviesan la pared y la membrana celular y llevan al interior de la célula los genes de interés para su posterior integración en el genoma vegetal. (2000, 2004, 2007).

Electroporación: Con este método se busca permeabilizar las membranas mediante el aumento significativo de la conductividad eléctrica causado por un campo eléctrico aplicado externamente. Las membranas se desestabilizan originando una pérdida temporal de la permeabilidad y produciendo poros reversibles por los que se produce el paso de macromoléculas, fuga de iones, escape de metabolitos y mayor absorción de DNA por parte de las células (Krassowska & Filev, 2007; Fox *et al.*, 2006).

Sonicación: Según Mehier-Humberta *et al.* y Deng *et al.*,

es un método nuevo de transferencia de genes, utilizado con éxito en la transformación de tejidos vegetales, células intactas y protoplastos. Se emplea ultrasonido con frecuencias superiores a 20 KHz para generar permeabilidad en las membranas, mediante la inducción de poros transitorios a través de los cuales el ADN foráneo puede ingresar al interior de la célula vegetal. Este fenómeno también es conocido como Sonoporación. El dispositivo empleado para la producción de los pulsos de ultrasonido empleados durante este proceso es conocido como sonicador. (2005, 2004).

Otro método empleado es la transferencia mediada por compuestos químicos; Chakrabarty *et al.* y Danilova plantean que

es una de las metodologías más empleadas para la introducción de ADN foráneo en protoplastos y en células intactas. Se basa en el uso de compuestos químicos que induzcan permeabilidad en la membrana.

Para esto, las células vegetales deben ser tratadas con la sustancia química en las concentraciones y en las condiciones pre-establecidas. Entre los compuestos químicos más empleados tenemos: Polietilenglicol (PEG), Fotostato de calcio y Poly-L-omotina. Estas sustancias ayudan a inducir permeabilidad en las membranas, mediante la inducción de poros transitorios o daño reversible de la membrana, lo que permite o favorece el paso del ADN foráneo y de macromoléculas a través de la membrana hacia el interior de la célula. Esta fue la primera técnica alternativa que se empleó para transformar gramíneas, en la década de los 80. (2008, 2007).

Danilova y Lutsenko en referencia a las fibras de carburo de silicón explican que

es una metodología recientemente descrita, en la que se emplean fibras de carburo de silicón de 10 a 80 µm de longitud, con un diámetro de 0,5 µm, mediante la cual el ADN foráneo es introducido en las células vegetales a través de los poros o agujeros que hacen las fibras de carburo de silicón, que actúan como microagujas. El tamaño, la forma y la composición química de las fibras de carburo de silicón es lo que permite que penetren directamente al interior de la célula, sin ocasionarle daño alguno. (2007, 2005).

Microinyección: Según Sharma *et al.* y Holm *et al.*,

la microinyección es una de las técnicas más precisas para la introducción de DNA foráneo o de macromoléculas dentro de los compartimentos intracelulares específicos de las células. La microinyección utiliza microcapilares o microagujas de vidrio y sistemas de microscopía para depositar el DNA foráneo en el interior de células vegetales. Además, el hecho de que junto al DNA desnudo se puedan inyectar otros elementos genéticos, como plastidios, mitocondrias y cromosomas, hace de la microinyección una técnica interesante y

muy útil para la transformación de plantas. El equipo que se requiere para realizar el proceso de microinyección es llamado micro manipulador, compuesto por un microscopio y por los accesorios de guía para realizar desplazamientos. (2002, 2000).

En concordancia con lo expresado por Gutiérrez *et al.*, Larik *et al.* (2004) y Rao *et al.*, "Uno de los grandes avances que se han logrado con este método ha sido la implementación de microinyección de liposomas en los que se ha depositado el DNA de interés, facilitando así la descarga o introducción del DNA foráneo en la célula". (2002, 2004, 2009).

Microláser: Según Kajiyama *et al.* y Mohan Babua *et al.*,

El objetivo de esta metodología es la permeabilización de las membranas, que se lleva a cabo mediante la utilización de un chorro de microláser enfocado en el sistema de iluminación de un microscopio, permitiendo así abrir orificios o poros transitorios en la pared celular y en la membrana plasmática de las células vegetales que se desea transformar. Así, se facilita la posterior entrada del DNA foráneo hacia el interior de las células. Como este sistema no requiere vectores o portadores del DNA de interés para el proceso de transformación, se pueden emplear moléculas de DNA lineales. (2007, 2003).

A continuación, se mencionarán algunos de los alimentos que utilizan transgénicos y la razón por la cual sus genes son alterados (*Enciclopedia de Ejemplos*, 2017):

Soja: Modificación en la semilla, para ser más resistente a los herbicidas.

Maíz: Genes insertados en el genoma de la planta para hacerlo más resistente a insectos.

Carnes: Aumentar el tamaño y el peso de los animales y acelerar la velocidad de su crecimiento.

Trigo: Hacerlo más resistente ante sequías.

Papas: Se invalidan las enzimas de almidón.

Tomates: Se inhiben enzimas para lograr que el tiempo de descomposición sea más lento.

Arroz: Introducción de tres genes nuevos para conseguir un arroz con mayor contenido de vitamina A.

Calabaza: Se modifica para proteger a la planta contra los virus.

Azúcar: Para hacerla resistente a los herbicidas.

Banana: Para hacerla más resistente se cruzan dos especies para su elaboración.

Algodón: Con serios riesgos en su consumo en el caso del aceite de algodón.

Alfalfa: Se agregan transgénicos para hacerla resistente al herbicida RoundUp.

Leche: A las vacas se les da una hormona especial para aumentar su producción, prohibida en muchos países de Europa y Asia.

Naranjas: Expuestas a una sustancia (etileno) que apresura la degradación de la clorofila.

Aspartame: Es un compuesto transgénico que se utiliza como remplazo del azúcar, y es altamente tóxico.

Girasol: Se alteran los genes para hacerlo resistente a la sequía.

Ciruella: Se agregan transgénicos para incrementar su productividad.

Radicheta: Se agregan transgénicos para incrementar la dulzura en su sabor.

Café: Modificado con el objetivo de aumentar la producción.

Uvas: Aumentar la resistencia y eliminar las semillas en el interior del fruto.

Estandarización de los alimentos transgénicos: una visión jurídica

Llegado a este punto, es de imperiosa necesidad entrar en materia de la inocuidad de los alimentos transgénicos y su implicación en la seguridad alimentaria de la sociedad, así como los posibles riesgos que se pudieran presentar durante su producción, almacenamiento, distribución y consumo; y de igual manera, abordar la forma en que todos estos aspectos de los OMG tienen implicación en el ordenamiento jurídico.

Como primera medida, es necesario comprender que el término *inocuidad* se refiere al conjunto de condiciones y medidas necesarias durante la producción, almacenamiento, distribución y preparación de alimentos para asegurar que una vez

ingeridos no representen un riesgo para la salud (Ministerio de Salud, 2014). Por ello la inocuidad en las cadenas agroalimentarias se considera responsabilidad del gobierno, la industria y los consumidores, de manera conjunta, de tal modo que al gobierno le corresponde crear el marco normativo; así mismo, los productores deben seguir dichas normas y asegurar la calidad e inocuidad de los alimentos; además, los transportadores y comercializadores son los encargados de cumplir con las directrices sanitarias y de manipulación de los alimentos; y por su parte, los consumidores son los encargados de observar que el alimento que van a consumir se encuentre en óptimas condiciones y, en caso de presentarse, denunciar las faltas que observe en el mismo (Ministerio de Salud, 2014).

En consecuencia, los principios básicos de inocuidad han sido incorporados para alcanzar un nivel elevado de seguridad de los mismos. Dichos principios deben implantarse desde la producción hasta el consumo, incluyendo, como se mencionó antes, al productor, distribuidor, vendedor y consumidor, ya que todos los que intervienen en la cadena alimentaria tienen obligación de evitar que los alimentos sean un peligro o produzcan daños a quienes los compran y hagan uso de ellos (Serrano, 2015).

De tal forma que el concepto de inocuidad viene intrínsecamente relacionado con el concepto de seguridad alimentaria, el cual fue definido en la Cumbre Mundial sobre la Alimentación (1996) de la siguiente manera: “La seguridad alimentaria existe cuando todas las personas tienen, en todo momento, acceso físico, social y económico a alimentos suficientes, inocuos y nutritivos que satisfacen sus necesidades energéticas diarias y preferencias alimentarias para llevar una vida activa y sana”. Más aún, la seguridad alimentaria se ha utilizado recientemente para referirse específicamente al consumo de alimentos libres de riesgos para la salud (Gracia, 2004).

Por lo anterior, es notorio que la inocuidad de los alimentos transgénicos es un asunto complejo, teniendo en cuenta como primera medida, que este tipo de productos han sido implantados en la alimentación humana en un tiempo más o menos reciente, comparado con los alimentos tradicionales

utilizados en todo el mundo. Así pues, la tecnología ha venido abarcando todos los aspectos de la vida del ser humano, incluyendo la alimentación, y por ello persiste la idea de que “hoy sabemos menos o poco acerca de lo que comemos” (Gracia, 2004).

Dado que los adelantos y novedades en materia de producción, procesamiento, conservación y distribución de alimentos han incluido tantos aspectos positivos que -en las expectativas de la población de las sociedades industrializadas que se han interesado últimamente en saber si su alimentación, elegida más o menos libremente y entre numerosas opciones, es fiable en términos de calidad e inocuidad- no es difícil encajar la posibilidad de que ello ocurra a costas de la calidad y la seguridad de los alimentos (Gracia, 2004).

Por ello es útil y necesario que, como señaló Spendeler (2005), “la sociedad reflexione y opine sobre la conveniencia de utilizar organismos modificados genéticamente en la agricultura y en la alimentación”. Puesto que los últimos hallazgos manifiestan que la realidad es mucho más complicada y que queda mucho por decir antes de tener una comprensión profunda de cómo funciona la genética de los seres vivos. Por tanto, con el conocimiento que se tiene hoy día sobre el tema, resulta poco probable prever todos los efectos de la inserción de genes extraños en el ADN de un organismo. De ahí la alta probabilidad de aparición de efectos imprevistos e indeseados, así como de inestabilidades genéticas en los organismos modificados genéticamente (Spendeler, 2005).

Como se sabe, la ingeniería genética es una tecnología radicalmente nueva, por lo que se da un factor importante de inseguridad alimentaria por la imprevisibilidad, inestabilidad y, como consecuencia, la incertidumbre que le son inherentes (Spendeler, 2005). Así pues, al partir de la base de que los organismos modificados genéticamente son seres totalmente nuevos y que ningún semejante ha entrado nunca en la cadena alimentaria, y observando las grandes dudas que les identifican, parece legítima la exigencia de un análisis exhaustivo antes de que entren en la alimentación de los ciudadanos, así como un posterior seguimiento y control (Spendeler, 2005).

Los consumidores necesitan entonces estar seguros de que sus alimentos son sanos y nutritivos (FAO, 2001). Puesto que la biotecnología tiene pocos años de práctica y aún falta mucho por descubrir, resulta ser un asunto polémico, sobre todo porque, como ya se ha mencionado, aún no se conocen con total certeza los efectos beneficiosos o nocivos que los alimentos transgénicos podrían tener en el organismo, ya que el hecho de que no se haya demostrado aún efectos adversos mediante una investigación científica confiable no significa que estos no se puedan presentar (Herrera, 2009).

Y ya que la creación de OMG plantea actualmente el conjunto tal vez más amplio y controvertido, incluso en cuestiones éticas, relativo a la alimentación y la agricultura, es imperativo que se respeten los derechos humanos a una alimentación suficiente y a una participación democrática en el debate y las decisiones finales acerca de las nuevas tecnologías, así como el derecho a una elección con conocimiento de causa (FAO, 2001).

En consecuencia, representa para los consumidores una gran preocupación respecto a la inocuidad de los alimentos modificados genéticamente, teniendo en cuenta las experiencias relacionadas con problemas alimentarios causados por productos distintos de los OMG, por ejemplo, sustancias alérgicas, residuos de plaguicidas, contaminantes y otras causas de enfermedades. Por lo que los consumidores expresan en ocasiones recelo hacia la inocuidad de los alimentos producidos con estas nuevas tecnologías (FAO, 2001).

Y es que los organismos modificados genéticamente han sido introducidos sin que hubiera una comprensión adecuada de sus impactos ambientales, socio-económicos y sanitarios (Spendeler, 2005). Así como establecieron García y Lacouture (2003) frente a la falta de certeza sobre la totalidad de las consecuencias de estos alimentos, es preferible prever posibles consecuencias nefastas, sobre todo si se tiene en cuenta que el fin de estos organismos es ser ingeridos por el ser humano.

Específicamente, entre los principales riesgos derivados del consumo de alimentos transgénicos para la salud humana se encuentran las alergias, que pueden ser leves, como un dolor de estómago, o severas como un *shock* anafiláctico. Además de poder causar afectaciones en el sistema digestivo y el sistema inmunológico (Herrera, 2009), alteraciones en el organismo humano respecto a la resistencia a los antibióticos, entre otros. Y por otro lado, en lo que respecta al medio ambiente, es considerable el efecto de la contaminación genética, la cual consiste en la presentación de material modificado genéticamente en cultivos y productos no transgénicos, ya sea a través de polinización cruzada, esparcimiento de semillas, mezcla de las semillas y cosechas, etc. (Spendeler, 2005). Por ello la posibilidad de que los OMG alteren el equilibrio de la naturaleza genera preocupación en la opinión pública, puesto que los OMG son productos novedosos que, cuando se distribuyen, pueden provocar ajustes tal vez imprevistos en los ecosistemas (FAO, 2001).

Sin embargo, para ciertos expertos y científicos, los efectos adversos en los seres humanos se han tratado normalmente de casos aislados e/o irrelevantes, debido a que el número de personas afectadas y la probabilidad de contraer alguna enfermedad grave o, incluso de morir, ha sido inexistente o muy baja (Gracia, 2004). Sin embargo, para la población en general dichos problemas han alcanzado otra significación, ya que en los diferentes medios de comunicación es muy común hablar de que el contenido de las comidas cotidianas puede actualmente incluir sustancias potencialmente perjudiciales para la salud humana, aunque sea a escala muy pequeña (Gracia, 2004).

Por lo anterior, la imagen que tienen hoy día los consumidores respecto a los alimentos transgénicos no es del todo favorable, puesto que no perciben ninguna utilidad para sí mismos y su incursión en el mercado no ha causado ningún beneficio directo para la mayoría de las personas. Estos alimentos no son más económicos, no han distanciado su fecha de caducidad, ni tienen mejor sabor (Gracia, 2004). Si bien los beneficios que tanto anuncian las empresas de biotecnología y demás instituciones y personas que los apoyan (como la ayuda para solucionar el

problema del hambre, los beneficios a los agricultores y el mejoramiento de los contenidos nutricionales), no han sido visibles por la sociedad en general, por lo que no es extraño que exista un cierto escepticismo e incredulidad hacia dichos productos y sus potenciales atributos (Gracia, 2004). Y es que, ante la desconcertante variedad de reclamaciones, réplicas, discrepancias científicas, tergiversaciones de la investigación, etc. que se presenta en los medios de información, el público está perdiendo su fe en los científicos y en los gobiernos (FAO, 2001).

De igual manera, este rechazo está justificado por el hecho de que las empresas biotecnológicas erraron a la hora de comercializarlos, puesto que no hicieron visibles sus beneficios precisos, a la vez que la introducción en la agricultura de semillas transgénicas creó nuevos problemas alarmantes, entre ellos la contaminación genética (Spendeler, 2005). Todo lo anterior ha contribuido a que la polémica sea cada vez mayor y para que a fecha de hoy aún no haya un consenso científico basado en evidencias sólidas y objetivas sobre la inocuidad de los alimentos transgénicos.

Así las cosas, se puede determinar la ineludible necesidad de efectuar un control y análisis de los riesgos que estos alimentos puedan generar. Por ello,

el análisis y la evaluación del riesgo que deriva del consumo de los alimentos, en este caso de los que están modificados genéticamente o incluyen OMG, debe ser riguroso a fin de evitar las consecuencias negativas para el consumidor, incluso la de aquellos daños que se puedan derivar tras un largo período de tiempo (Serrano, 2015).

Para ilustrar lo anterior sería muy útil que se lograra determinar si el alimento modificado genéticamente es tan inocuo como su homólogo tradicional, cuando existe tal homólogo. Y si se estima que el alimento es equivalente a su homólogo tradicional, ha de considerarse que es tan inocuo como este. Si no es así, deberán realizarse nuevos ensayos (FAO, 2011).

De ahí que, frente a toda la incertidumbre existente en este asunto, entra a tomar fuerza el denominado principio de precaución o cautela, el cual se encuentra enmarcado dentro de toda la dimensión jurídica de principios esenciales para la aplicación de la biotecnología al sector agroalimentario. Dentro de estos también se hallan el principio de evaluación del riesgo, el principio “paso a paso”, el principio de libre circulación de OMG autorizados, el principio de seguimiento de los OMG, el principio de participación pública e información al público y el principio de revisión, actualización y mejora de la normativa sobre OMG. Sin embargo, para lo que concierne al presente escrito, será de destacar justamente el principio de precaución, puesto que es de gran relevancia en el tema puntual de este trabajo.

Así pues, el principio de precaución es “un principio de acción que, ante peligros potenciales graves o muy graves y dentro de un contexto de incertidumbre científica, incita a prevenir el peligro sin esperar a tener prueba de dicha incertidumbre” (Gracia, 2004). Y su aplicación es necesaria cuando una actividad humana supone una amenaza a la salud o al medio ambiente; es entonces cuando se deben tomar medidas de precaución incluso cuando algunas relaciones de causa y efecto no estén confirmadas científicamente. Sin embargo, debe existir previamente una evaluación científica lo más completa posible y siempre que sea factible, determinando en cada etapa el grado de incertidumbre científica (García y Lacouture, 2003).

Por ello existe un amplio consenso entre las instituciones, la legislación y la doctrina jurídica especializada acerca de la inmensa relevancia que el principio de precaución o cautela tiene a la hora de adoptar decisiones políticas y normativas sobre las aplicaciones biotecnológicas y los OMG, principalmente cuando afecta los niveles deseados de protección de la salud humana, animal o vegetal así como de protección y cuidado del medio ambiente, la biodiversidad y la naturaleza (Amat, 2008, p. 104). De igual manera, Amat (2008) también señala que

dentro del marco jurídico internacional, el principio de precaución ha planeado desde

sus primeras manifestaciones sobre todo en materia de protección y preservación del medio ambiente y de la biodiversidad, consolidándose progresivamente en las últimas décadas al amparo de una creciente 'concienciación ecológica' de las Instituciones, Estados, poderes políticos y la sociedad en general (p. 104).

Es necesario aclarar que este principio solo se aplica en la hipótesis de riesgo potencial, aunque este riesgo no pueda demostrarse en su totalidad, no se puedan establecer sus efectos o no se pueda medir la amplitud del riesgo debido a la falta o al carácter no concluyente de los datos científicos, por lo que no permite determinar con suficiente certeza el riesgo en cuestión (Amat, 2008, p. 117). Es así como para tomar la iniciativa de utilizar este principio, debe existir "información científica insuficiente, poco concluyente o incierta, e indicios de que los posibles efectos sobre el medio ambiente y la salud humana, animal o vegetal pueden ser potencialmente peligrosos e incompatibles con el nivel de protección elegido" (Amat, 2008, p. 117).

Así se observa el hecho de que se deben establecer reglas claras para el uso de esta nueva tecnología, además de un balance sobre su implementación, que medie entre el medio ambiente, el ser humano y el desarrollo tecnológico; teniendo en cuenta que el Derecho debe lograr que los hombres convivan armónicamente en todos los aspectos de su vida, y en este caso, respecto a la naturaleza, la agricultura y su alimentación (García y Lacouture, 2003).

Tal como Chaparro (2011) menciona, más allá del debate sobre si estos riesgos son reales o potenciales, la aprobación de la liberación comercial de variedades transgénicas exige la demostración de que estos organismos no van a causar efectos negativos sobre el ambiente o sobre el consumidor, animal o humano, y sigue los más estrictos principios de bioseguridad. El análisis sobre riesgos y beneficios de la adopción de tecnología GM en agricultura debe hacerse sobre conocimiento científico validado, precisamente para evitar ruido excesivo provocado por posiciones fundamentalistas de diverso cuño. Para un país con vocación agrícola como Colombia, tal decisión es

estratégica de cara a los retos para la producción agrícola, derivados de grandes efectos ambientales como los producidos por el cambio climático y de cambios en el ambiente económico.

Igualmente, la FAO (2001) ha establecido que para garantizar la inocuidad de los alimentos debe observarse con sumo cuidado los posibles riesgos que esta clase de alimentos pueden causar. Así como también la realización de evaluaciones completas y transparentes de las aplicaciones de los OMG con el fin de reconocer sus consecuencias a corto y largo plazos. Todo esto con el fin de garantizar el derecho de los consumidores a una elección fundamentada y evitar posibles daños al medio ambiente o al ser humano.

Y es aquí donde también se agrega un factor de suma relevancia que va encaminado a la necesidad de los consumidores de saber qué es lo que están comprando y consumiendo, y por parte de los productores y comercializadores, la obligación de informar qué tipo de producto están vendiendo y sus características sobresalientes. Por ello se habla del deber de información y la elección fundamentada, por parte de los productores y consumidores, respectivamente, en materia de alimentos transgénicos.

La FAO (2001) se ha manifestado sobre el asunto y ha dicho que

la existencia de los OMG plantea la cuestión de la elección fundamentada, que deriva del concepto ético de autonomía de los individuos. Este principio puede aplicarse en el debate sobre el etiquetado de los alimentos derivados de OMG para garantizar que los consumidores sepan lo que están consumiendo y puedan tomar decisiones fundamentadas.

Por tanto, los consumidores tienen el derecho de elegir entre los productos que compran y, además, de ser informados de manera objetiva y clara. Por tal razón, aunque no se ha comprobado la nocividad de los alimentos transgénicos, su identificación y etiquetado es razonable y necesario, dado que la transparencia es la única forma de dar respuesta a

las inquietudes y dudas de los consumidores (Amat, 2008, p. 151).

En lo que respecta a Europa, donde se ha dado mayor desarrollo a la temática en comparación con todo el continente americano, la existencia de un deber de información al público se hace patente a lo largo de toda su normativa relativa a los OMG, dándose en los últimos años la tendencia del legislador a aumentar las exigencias de información a los ciudadanos acerca de los potenciales riesgos para la salud y para el ambiente relacionados con el uso de biotecnología en el sector agroalimentario (Amat, 2008, p. 151). Por ello “el etiquetado da seguridad al consumidor sobre las condiciones de calidad e idoneidad, y permite que cuando no sean realmente las expresadas allí por el propio productor, éste deba responder por ello” (García y Lacouture, 2003).

De ahí la gran importancia de tener una reglamentación que garantice la seguridad alimentaria y establezca de manera imperativa la información apropiada al consumidor sobre las características fundamentales de los alimentos que consumen (origen, composición, modificaciones genéticas, indicaciones para su correcto consumo, etc.); así como información pormenorizada sobre los posibles riesgos para la salud y seguridad de los ciudadanos, haciendo así que el consumidor pueda elegir y comprar según sus reales necesidades e intereses (Amat, 2008, p. 157). De igual forma, allí también tiene un rol muy relevante la publicidad, la cual viene a ser el vehículo de la información que permite al consumidor obtener el conocimiento necesario de las características principales y de los riesgos que pueda causar el consumo de los productos disponibles en el mercado (Amat, 2008, p. 156).

Por esto una elección fundamentada, y las medidas que esta implica, requieren acceso a la información. Sin embargo, no todos los consumidores tienen el mismo acceso a esta, especialmente en los países en desarrollo, donde personas que están en situación de pobreza pueden carecer de la información mínima para decidir respecto a hechos que pueden afectar su salud. Por tanto, el deber de información también debe incluir una estrategia de información

al público con métodos ajustados para llegar a los grupos menos instruidos, más pobres y desfavorecidos, de modo que logren decidir en función de sus necesidades reales (FAO, 2001).

Llegado a este punto, vale decir que los países que tienen presencia de alimentos modificados genéticamente en su mercado deben tener una política de regulación clara y responsable y un órgano oficial que certifique el análisis científico de los riesgos de estos productos, así como que tome todas las medidas de seguridad necesarias, sometiendo a estrictos análisis antes de lanzarlos a la venta y un riguroso seguimiento cuando ya se encuentren disponibles al público (FAO, 2001). Y, lo que es más importante, como lo ha señalado la FAO (2001), “deben respetarse los derechos humanos a una alimentación suficiente y a una participación democrática en el debate y las decisiones finales acerca de las nuevas tecnologías, así como el derecho a una elección con conocimiento de causa.” Así pues, constituye una exigencia necesaria el informar de manera completa a la población sobre todo lo relacionado con los OMG. Los ciudadanos deben poder elegir los productos que consumen y los organismos que se liberan en el medio ambiente, y ello solo es posible si se les informa de manera adecuada (Amat, 2008, p. 152). En lo que respecta a Colombia, debido a la ausencia de una norma jurídica que contenga este deber de información, es evidente que el consumidor se encuentra en una situación de inferioridad frente al productor, y en virtud de esa inferioridad se hace más notoria la necesidad de protección y garantía (García y Lacouture, 2003).

CONCLUSIÓN

Visto lo anterior, se puede decir que la biotecnología ha implantado en el mundo agrícola una nueva forma de producción utilizando la ingeniería genética para manipular los genes de los organismos vivos y a su vez poder modificar características relevantes en los mismos, todo ello con el fin de obtener mejores resultados en el proceso de producción. Esta biotecnología utiliza diversos métodos para crear este tipo de alimentos, como los métodos indirectos (sistema *Agrobacterium* y vectores virales) y los métodos directos (liposomas,

biobalística, electroporación, sonicación, transferencia por compuestos químicos, fibras de carburo de silicón, microinyección y microláser). También es notable cómo muchos de los alimentos que consumen hoy día la mayoría de las personas en todo el mundo, y en especial, en Colombia, posiblemente se encuentren modificados genéticamente para obtener beneficios como la resistencia a plagas, a insecticidas, a virus, así como para generar en algunos un mayor contenido nutricional o para retardar su descomposición. Sin embargo, gran parte de los consumidores no son conscientes o no conocen esta característica tan importante del producto que compran y consumen. De igual manera, al tener en cuenta la polémica desarrollada en los últimos años acerca de la inocuidad y seguridad de los alimentos transgénicos, se puede vislumbrar que el asunto es muy amplio y controversial, dado que, como ya se ha dicho, en la actualidad aún no existe un consenso científico acerca de la nocividad o de la inocuidad de estos productos, puesto que no existe una investigación totalmente objetiva y avalada por la comunidad científica en general que pruebe que los OGM son perjudiciales o no para la salud humana y el medio ambiente.

Por ello en la comunidad mundial existe incertidumbre acerca de los riesgos que puedan acarrear los alimentos transgénicos, razón por la cual, en algunos países, principalmente europeos, se ha empezado a adoptar una reglamentación jurídica basada en el principio de precaución, el cual se aplica en casos como este, donde existe una incertidumbre científica y no se espera tener una prueba fehaciente para tomar medidas preventivas. Lo que lleva, también, a una exigencia y control anterior y posterior al lanzamiento al mercado de productos de este tipo, para así prevenir al máximo los posibles efectos negativos en los consumidores. Por tanto, también se hace necesaria la aplicación del deber de información por parte de los productores de estos alimentos, ya que luego de tanta controversia y falta de certeza respecto al asunto, lo mínimo que se les debe otorgar a los consumidores es el derecho a tomar una decisión fundamentada, basada en el conocimiento de las características más relevantes de los alimentos que puedan comprar.

Lo anterior no significa que en Colombia no haya una regulación jurídica sobre los alimentos transgénicos y la biotecnología en general, sino que, teniendo en cuenta todo el contexto del asunto, es visible que la normativa actual guarda silencio, deja sin regular o es insuficiente respecto a puntos tan necesarios e importantes como los estrictos controles en el proceso de elaboración, producción y distribución de transgénicos, y sobre el etiquetado de los mismos, con base en el deber de información de los productores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amat, Pablo (2008). Derecho de la Biotecnología y los Transgénicos. España: Tirant Lo Blanch. Recuperado de <http://biblioteca.tirant.com/cloudLibrary/ebook/show/9788499853208?showPage=0>

Bhat, R., & Srinivasan, S. (2002). Molecular and genetic analyses of transgenic plants: Considerations and approaches. *Plant Science*, 673-681.

Chakrabarty, B., Ghoshal, A., & Purkait, M. (2008). Effect of molecular weight of PEG on membrane morphology and transport properties. *Journal of Membrane Science*, 209-221.

Chaparro, A. (2001). Cultivos transgénicos: entre los riesgos biológicos y los beneficios ambientales y económicos. *Acta Biológica Colombiana*, 16(3), 231-252. Recuperado de <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/19986/27963>

Danilova, S. (2007). The technologies for genetic transformation of cereals. *Russian Journal of Plant Physiology*, 569.

Declaración de Roma sobre la seguridad alimentaria mundial (1996). Cumbre Mundial sobre la Alimentación. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/003/w3613s/w3613s00.htm>

- Deng, C.; Sieling, F.; Pan, H., & CUI, J. (2004). Ultrasound-Induced Cell Membrane Porosity. *Ultrasound Med. & Biol. (Holland)*, 519-526.
- Díaz, M.; Zappacosta, D.; Franzone, P., y Ríos, R. (2004). *Biotecnología y mejoramiento vegetal*. Buenos Aires: INTA.
- Eapen, S. (2008). Advances in development of transgenic pulse crops. *Biotechnology Advances*, 162-168.
- Enciclopedia de Ejemplos (2016). 20 ejemplos de alimentos transgénicos. Recuperado de <http://www.ejemplos.co/20-ejemplos-de-alimentos-transgenicos/>
- Escalona, E.; Hardy, R. (2008) Aplicación de la electroforesis en gel plano de policrilamida al microaislamiento de glicofomas de lipopolisacaridos con un nivel elevado de homogeneidad. Ciudad de la Habana: Editorial Universitaria, 25-26.
- Filipecki, M., & Malepszy, S. (2006). Unintended consequences of plant transformation: A molecular insight. *Journal of Applied Genetics*, 277.
- Fox, M., Esveld, D., Valero, A., Lutge, R., Mastwijk, H., Bartels, P. . . . Boom, R. (2006). Electroporation of cells in microfluidic devices: a review. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 474-485.
- García, M., y Lacouture, H. (2003). Implicaciones jurídicas de los alimentos transgénicos en Colombia. *Revista de Derecho, Universidad del Norte* (20), 216-249. Recuperado de <http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/derecho/article/viewArticle/2895>
- Gelvin, S. (2000). Agrobacterium and plant genes involved in T-DNA transfer and Integration. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 223-256.
- Gleba, Y.; Klimyuk, V., & S., M. (2007). Viral vectors for the expression of proteins in plants. *Current Opinion in Biotechnology*, 134-141.
- Gleba, Y.; Marillonnet, S., & Klimyuk, V. (2004). Engineering viral expression vectors for plants: the 'full virus' and the 'deconstructed virus' strategies. *Current Opinion in Plant Biology*, 182-188.
- Gracia, M. (2004). Pensando sobre el riesgo alimentario y su aceptabilidad: el caso de los alimentos transgénicos. *Revista de Nutrição*, 17(2), 125-149. <https://dx.doi.org/10.1590/S1415-52732004000200001>
- Gutiérrez, A.; Santacruz, F.; Cabrera, J., y Rodríguez, B. (2002). Mejoramiento genético vegetal in vitro. e-Gnosis Revista digital: Ciencia y Tecnología (México).
- Hansen, G., & Wright, M. (1999). Recent advances in the transformation of plants. *Trends in Plant Science*, 226-231.
- Hellens, R., & Mullineaux, P. (2000). A guide to Agrobacterium binary Ti vectors. *Trends in plant science*, 446-451.
- Herrera, T. (2009). Alimentos transgénicos, fundamentos científicos. *Revisión en Nutrición Pública*, 3 (9), 416-424. Recuperado de http://www.iidenut.org/pdf_revista_tec_libre/Renut%209/RENU%202009%20TEC_9_416-424.pdf
- Holm, P.; Olsen, O.; Schnorf, M.; Brinchpedersen, H., & Knudsen, S. (2000). Transformation of barley by microinjection into isolated zygote protoplasts. *Transgenic Research*, 21-32.
- Hotani, H.; Inaba, T.; Nomura, F.; Takeda, S.; Takiguchi, K.; Itoh, T.; . . . Ishijima, A. (2003). Mechanical analyses of morphological and topological transformation of liposomes. *BioSystems (Holland)*, 93-100.
- Jacobsen, E., & Schouten, H. (2007). Cisgenesis strongly improves introgression breeding and induced translocation breeding of plants. *Trends in Biotechnology*, 219-223.
- Jauhar, P. (2006). Modern biotechnology as an integral supplement to conventional plant breeding: the prospects and challenges. *Crop Science*, 46(4), 1841-1859.

- Kajiyama, S.; Inoue, F.; Yoshikawa, Y.; Shoji, T.; Fukusaki, E., & Kobayashi, A. (2007). Novel plant transformation system by gene-coated gold particle introduction into specific cell using ArF excimer laser. *Plant Biotechnology*, 315-320.
- Kiran K. Sharma, H. C. (2002). Development and deployment of transgenic plants: Biosafety considerations (Vol. 38). Patancheru, India: Springer. doi:10.1079/IVP2001268
- Krassowska, W., & Filev, P. (2007). Modeling electroporation in a single cell. *Biophysical journal*, 404-417.
- Larik, A.; Ahmed Siddiqui, K., & Ahmed Soomro, Z. (2004). Novel vistas of gene transfer to cereals. Pakistan.
- Lutsenko, V. (2005). Nanostructural materials filamentary and tubular silicon carbide nanocrystals. *Powder Metal. Metal Ceram. (Holland)*, 1-2.
- Mehier-Humberta, S.; Bettingerb, T.; Yanb, F., & Gu, R. (2005). Ultrasound-mediated gene delivery: Kinetics of plasmid internalization and gene expression. *Journal of Controlled Release*, 203-211.
- Ministerio de Salud y Protección Social (2014). Calidad e inocuidad de alimentos. Colombia. Recuperado de <https://www.minsalud.gov.co/salud/Paginas/inocuidad-alimentos.aspx>
- Mohan Babua, R.; Sajeenab, A., & Seetharamanb, K. (2003). Advances in genetically engineered (transgenic) plants in pest management an over view. *Crop Protection*, 1071-1086.
- Morcillo, G. C. (2013). *Biotecnología y alimentación*. Madrid. Recuperado el 20 de marzo de 2017.
- Morigaki, K., & Walde, P. (2007). Fatty acid vesicles. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 75-80.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO (2001). Los organismos modificados genéticamente, los consumidores, la inocuidad de los alimentos y el medio ambiente.
- Rao, A.; Bakhsh, A.; Kiani, S.; Shahzad, K.; Shahid, A.; Husnain, T., & Riazuddin, S. (2009). The myth of plant transformation. *Biotechnology Advances*, 753-763.
- Sanford, J. (2000). The development of the biolistic process. *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant*, 303-308.
- Sattar, L.; Huang, Z., & Mason, H. (2006). Viruslike particles production in green plants. *Methods (Holland)*, 66-76.
- Serrano, S. (2015). Derecho de información y de libre elección del consumidor entre los OMG. *Revista de la Facultad de Derecho de la Universidad de Granada: Derecho y biotecnología* (15). Recuperado de <http://biblioteca.tirant.com/cloudLibrary/ebook/show/E000020004394?showPage=0>
- Spendeler, L. (2005). Organismos modificados genéticamente: una nueva amenaza para la seguridad alimentaria. *Revista Española de Salud Pública*, 79(2), 271-282. Recuperado de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272005000200013&lng=es&tlng=es
- Tzfira, T., & Citovsky, V. (2002). Partners-in-infection: host proteins involved in the transformation of plant cells by *Agrobacterium*. *Trends in Cell Biology*, 121-129.
- Valentine, L. (2003). *Agrobacterium tumefaciens and the Plant: The David and Goliath of Modern Genetics*. *Plant Physiology*, 948-955.
- Vasil, I. (2007). A short history of plant biotechnology. *Phytochemistry Reviews*, 387-394.
- Veluthambi, K.; Gupta, A., & Sharma, A. (2003). The current status of plant transformation Technologies. *Current Science*, 368-380.
- Zupan, J.; Muth, T.; Draper, O., & Zambryski, P. (2000). The transfer of DNA from *Agrobacterium*

tumefaciens into plants: a feast of fundamental insights. *The plant journal*, 11-28.